Energy Innovators Initiative

Technical Fact Sheet

DDC Control Strategies for Energy Efficiency

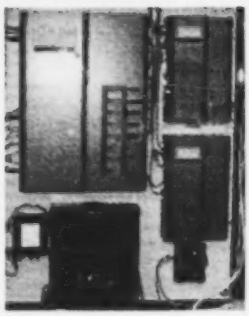

Figure 1 – [illegible]

Description

Energy conservation depends greatly on how well building heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems are controlled to match occupant needs. In recent years, direct digital control (DDC) systems (Figure 1), which can easily and accurately control building HVAC systems, have become so cost-effective that they are replacing manual and electro-mechanical controls in retrofits, and are also being installed in many new buildings.

This fact sheet looks at implementing methods of controlling air systems to minimize the amount of energy used to operate fans and preheat or cool ventilation air. It addresses three key strategies:

1) Controlling ventilation air quantities based on demand using carbon dioxide (CO_2) and occupancy sensors.
2) Reducing reheat energy by automatically resetting supply air temperature.
3) Employing optimal start-up routines to bring space to temperature after a setback period.

To employ these methods, systems should be equipped with an air quality (CO_2) sensor, space temperature sensors installed in various locations and occupancy sensors that can feed signals back to the central control system.

Technical Specifications

Demand Controlled Ventilation (DCV) – DCV can be achieved by various means, the most effective of which is by determining air quality by the amount of CO_2. The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) has determined that the acceptable CO_2 level of air in commercial and institutional buildings is 1000 parts per million (ppm), with outdoor air concentrations at about 400 ppm. A typical control setpoint would be 800 to 900 ppm. CO_2 concentrations are measured in the return air duct for areas with similar occupancy and use, or in the controlled space. *If only one sensor is used for a large area, it should be placed in the zone that is likely to have the highest occupancy.* Occupancy sensors can be used as override switches to turn on the fan for a short time during a normally unoccupied period, or as indicators of occupancy during occupied periods. In an unoccupied auditorium or a gymnasium, the air system might simply maintain a minimum temperature with no ventilation. When the space is occupied, the CO_2 measurement will be used to control ventilation air quantities by modulating the outside air damper from fully closed to fully open to maintain the desired CO_2 level.

Supply Air Temperature Reset (SATR) for Constant Volume Air Systems – Air systems with heating and cooling usually have an economizer control to modulate outdoor air (OA) and return air (RA) dampers to bring in cooler outdoor air and avoid mechanical cooling. However, when some zones require cooling and some heating, the mixed supply air is usually controlled to a fixed temperature of, for example, 13°C (55°F). By looking at feedback from sensors in various zones, the supply air temperature can be reset to a higher value, up to 25°C (77°F). This will minimize the amount of simultaneous heating and cooling. This system requires DDC sensors in the discharge air and four to five space sensors per system to provide space temperature feedback. The control computer will look for the warmest (or coolest) zone and adjust the supply-air temperature.

Optimal Start/Stop of HVAC Systems – Under night setback or setup conditions in both heating and cooling seasons, the building setpoint can be varied during unoccupied periods. However, when the systems are turned back to occupied

mode, the building air must be returned to operating temperature as quickly as possible. Because all buildings, and zones within a building, have different thermal inertia, an optimum start algorithm must be used to anticipate the latest time to turn the system back on. These algorithms look at the lowest zone temperature, the outdoor air temperature, and the time lag to heat (or cool) to the setpoint in order to improve the estimate of the start time. They then retrieve and analyse historical temperature and thermal time lag information. These same algorithms can also be used to turn off HVAC systems at the end of the day while the building is still occupied, a technique that is especially effective for buildings with high thermal inertia.

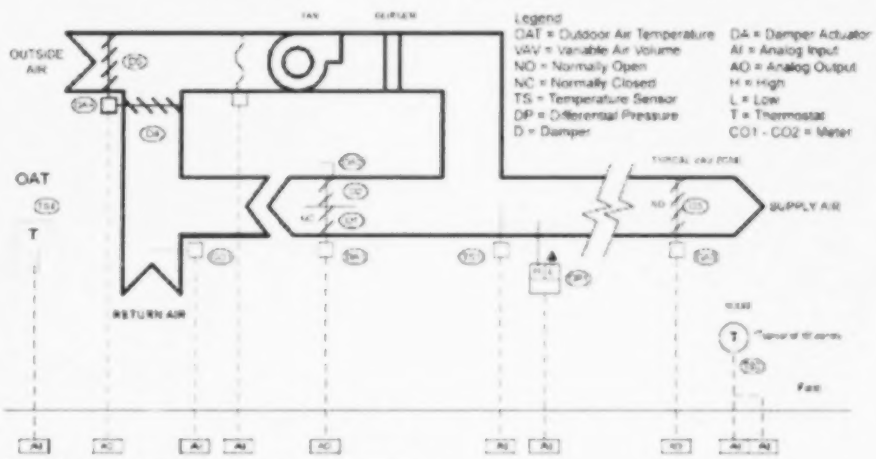

Figure 2 – Control Schematic for Variable Volume Rooftop Unit

The schematic in Figure 2 shows a rooftop variable air volume control system that is instrumented for DDC operation.

Comparison

It is difficult to calculate energy savings from system optimization, but they can be compared to non-optimized control systems. DCV can save up to 50 percent of fan energy and 10 percent of heating energy for a system during occupied hours. Ventilation air heating accounts for up to 30 percent of total heating energy for a commercial building. For example, a large air system (30 000 cfm) in a Toronto building set to a minimum outdoor air (OA) position of 50 percent for a typical annual schedule of 3950 hours will cost $9,700 per year at $9 per gigajoule. Reducing the OA to 25 percent will save $4,800 per year. Table 1 compares ventilation costs for different cities in Canada. Supply air reset on the same air system could increase the setpoint by up to 2°C or 25 percent of the average temperature rise (Vancouver). Night setback of heating can save from 6 to 12 percent for heavily constructed buildings, and from 16 to 32 percent for lighter constructions. Optimum start/stop can increase the setback/setup time by one to two hours per day. For a 10-hour unoccupied period, the savings can be as high as 3 to 6 percent for light constructions.

Minimum Outdoor Air (percent)	Annual Ventilation Cost for 30 000-cfm Supply Air System* (@ $9/GJ for gas)			
	VANCOUVER	CALGARY	TORONTO	MONTRÉAL
50	$7,200	$12,400	$9,700	$10,500
25	$3,600	$6,200	$4,800	$5,200

*For a typical heating season of 3950 hours of operating time.

Case Study

Ayr Public School, in the Waterloo Region District School Board in Ontario, is one example of a school built with a DDC control strategy (see Table 2). The 3850-m² facility was built in 1999 at a total cost of $4,040,000. The building controls accounted for $480,000 of the total. The design includes 10 rooftop air-handling units and 44 heating/cooling control zones.

According to Craig Hynd, Board Environmental Officer, "The modern controls make our standard design possible. With them, we can maintain comfort and administrative oversight, and keep operating costs down in a way that just wasn't possible a few years ago."

	Hot-Water System with Thermostats	Variable Volume Rooftop System with Zoned DDC Control
Mechanical and Environmental Construction Costs	$830,000	$480,000
Annual Energy Budget	$54,100	$43,700
Air Conditioned?	No	Yes
Zone Comfort Control?	Limited	Yes
Zoned DCV, to suit occupancy?	No	Yes

For more information, contact

Energy Innovators Initiative, Office of Energy Efficiency, Natural Resources Canada, 580 Booth Street, 18th Floor, Ottawa ON K1A 0E4
Tel.: (613) 995-6950 • **Fax:** (613) 947-4121 • **Web site:** http://oee.nrcan.gc.ca/eii

Leading Canadians to Energy Efficiency at Home, at Work and on the Road

The Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada strengthens and expands Canada's commitment to energy efficiency in order to help address the challenges of climate change.

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2002
Cat. No. M92-242/2002-3E ISBN 0-662-31581-2
(Aussi disponible en français)

Recycled paper

Initiative des Innovateurs énergétiques

Fiche technique

Stratégies de régulation par commande numérique directe

pour favoriser l'efficacité énergétique

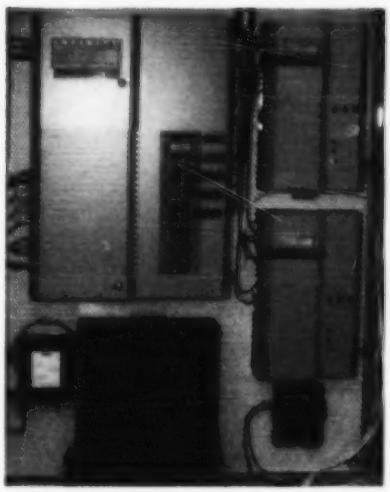

Figure 1 – Régulateur d'unité installé en toiture

Description

L'économie d'énergie est étroitement liée au mode de régulation des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) des bâtiments et est définie en fonction des besoins des occupants. Ces dernières années, les systèmes de commande numérique directe (CND) [voir figure 1], qui peuvent facilement et précisément contrôler la régulation des systèmes de CVC des bâtiments, sont devenus à ce point rentables qu'on les installe dans de nombreux bâtiments neufs ainsi que dans des bâtiments existants qui font l'objet de rénovations afin d'y remplacer les régulateurs à contrôle manuel ou électromécanique.

La présente fiche de renseignements porte sur les méthodes de mise en place de systèmes de régulation automatique visant à diminuer la quantité d'énergie utilisée pour le fonctionnement des ventilateurs et le préchauffage ou le refroidissement de l'air de ventilation. Elle traite des trois stratégies clés suivantes :

1) La régulation de l'admission d'air neuf de ventilation en utilisant la détection de dioxyde de carbone (CO_2) et la détection de présence;

2) La diminution de la consommation d'énergie requise pour le réchauffage ou le refroidissement par le réglage automatique de la température d'air d'alimentation;

3) L'utilisation de séquences de mise en marche optimisées afin d'abaisser ou de relever le point de consigne en période d'inoccupation.

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada
Canada

Pour utiliser ces méthodes, les systèmes doivent être équipés d'un capteur de mesure de dioxyde de carbone (CO_2), de sondes de température de pièces installées dans différents endroits et de détecteurs de mouvement qui permettent d'acheminer les signaux requis au système de contrôle central.

Spécifications techniques

Ventilation régulée d'air neuf – La ventilation régulée de l'admission d'air neuf peut être obtenue de diverses façons, mais la plus appropriée est celle de la mesure de la concentration de dioxyde de carbone (CO_2) contenue dans l'espace à ventiler. L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) a établi que le niveau maximum de concentration acceptable de CO_2 contenu dans l'air dans les bâtiments commerciaux et institutionnels était de 1 000 parties par million (ppm), avec des concentrations de CO_2 dans l'air extérieur d'environ 400 ppm. La valeur de consigne classique pourrait être établie entre 800 et 900 ppm. Les concentrations de CO_2 sont mesurées dans les conduits de reprise d'air pour les endroits dont l'occupation et l'utilisation sont similaires ou dans les pièces où l'air de ventilation est régulé. *Si un seul détecteur est utilisé pour une grande surface, il devrait être placé là où la densité d'occupation semble être la plus forte.* Des détecteurs de mouvement peuvent être occasionnellement utilisés pour remplacer les interrupteurs de mise en marche de ventilateur pendant les périodes où les pièces sont normalement inutilisées ou à titre d'indicateurs de présence pendant les périodes d'utilisation. Dans un amphithéâtre ou un gymnase inoccupé, le système de ventilation peut simplement maintenir une température de consigne spécifique sans admission d'air neuf. Lorsque le bâtiment est occupé, la mesure du CO_2 permet de réguler les quantités d'air neuf de ventilation par modulation du registre d'air extérieur, de complètement fermé à complètement ouvert, afin de maintenir le niveau de CO_2 dans les limites acceptables.

Régulation de la température de l'air fourni aux fins des systèmes d'air à volume constant – Les systèmes d'air produisant le chauffage et le refroidissement sont en général équipés d'un système de régulation de type « économiseur » qui module les registres d'air extérieur, ceux de mélange et ceux d'évacuation permettant d'admettre de l'air à plus basse température et ainsi éviter le refroidissement par voie mécanique. Toutefois, si certaines zones doivent être rafraîchies et d'autres chauffées, l'air fourni recyclé est habituellement régulé à une température fixe de l'ordre de 13 °C (55 °F). Par contre, à titre d'exemple en période de chauffage, la température de mélange de l'air fourni peut être réglée à une valeur plus élevée pouvant atteindre 25 °C (77 °F), ce qui permettra de diminuer la fréquence des cycles de chauffage et de refroidissement simultanés. Ces systèmes doivent être équipés de capteurs CND pour l'air de soufflage et de quatre ou cinq détecteurs de pièce par système pour fournir des données de température précises. L'ordinateur contrôlant le système repérera la zone la plus chaude (ou la plus froide) et ajustera automatiquement la température de l'air d'alimentation à la valeur prédéterminée.

Mise en marche et arrêt optimisés des systèmes de CVC – En période inoccupée (la nuit ou les fins de semaine), le point de consigne de la température d'alimentation peut être abaissé ou haussé en fonction de la saison (chauffage ou climatisation). Toutefois, lorsque les systèmes sont remis au mode d'utilisation normal, l'air du bâtiment doit revenir aussi vite que possible à la température adéquate. Comme tous les bâtiments et toutes les zones comprises dans un bâtiment ont une inertie thermique différente, un algorithme de mise en marche optimal doit être utilisé pour prévoir l'heure la plus tardive à laquelle le système doit être remis en marche afin de satisfaire les besoins des usagers. Ces algorithmes tiennent compte de la température de zone la plus basse, de la température de l'air extérieur et du laps de temps requis pour chauffer (ou refroidir) à la température prédéterminée afin d'optimiser le moment de mise en marche prévu. L'analyse des données historiques de température et d'inertie thermique est donc requise pour établir ces algorithmes. Ces mêmes algorithmes peuvent aussi être utilisés pour arrêter les systèmes de CVC plus tôt en fin de journée même si le bâtiment est toujours occupé. Cette technique est particulièrement efficace pour les bâtiments dont l'inertie thermique est élevée.

Le schéma de la figure 2 illustre un système de régulation du volume d'air variable installé en toiture et équipé pour fonctionner avec un système de CND.

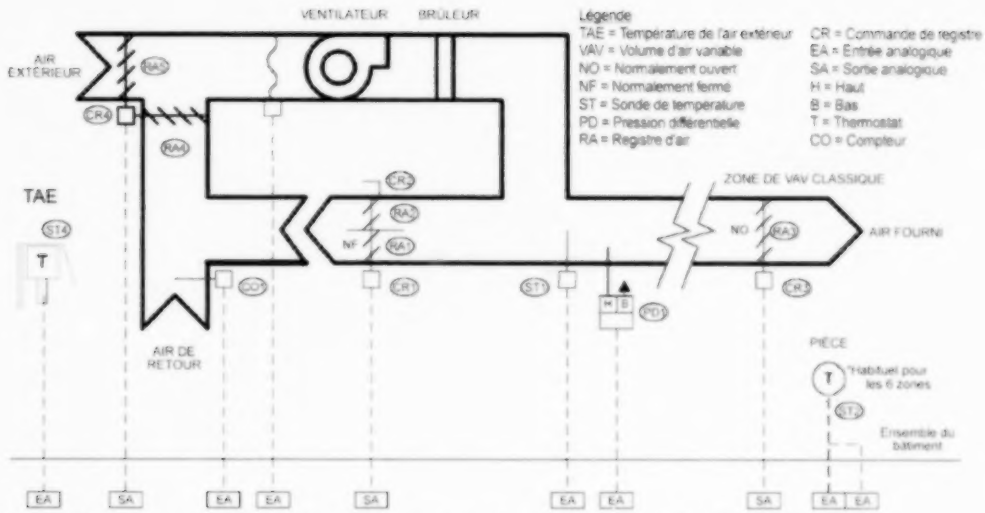

Figure 2 – Schéma de régulation pour une unité à volume variable installée en toiture

Comparaison

Il est difficile d'évaluer les économies d'énergie générées par l'optimisation de l'opération de systèmes, mais il est possible de les comparer aux données relatives aux systèmes de régulation non optimisés. Les systèmes de ventilation régulés selon la demande peuvent permettre d'économiser jusqu'à 50 p. 100 de l'énergie requise par les ventilateurs et 10 p. 100 de l'énergie requise pour le chauffage du système pendant les heures d'occupation du bâtiment. Le chauffage de l'air de ventilation peut représenter jusqu'à 30 p. 100 de l'énergie de chauffage totale requise pour un bâtiment commercial. Par exemple, un système d'air important (30 000 pi³/min) utilisé dans un bâtiment de Toronto et réglé à la position d'air extérieur minimale de 50 p. 100 pour un calendrier annuel classique de 3 950 heures coûte 9 700 $ par an selon un prix de 9 $ par gigajoule. Une diminution de 25 p. 100 de la température de l'air extérieur permettra d'économiser 4 800 $ par an. Le tableau 1 compare les coûts reliés à la ventilation pour les bâtiments et ce, pour différentes villes canadiennes. Dans ces cas, on pourrait réajuster les points de consigne de l'air d'alimentation des systèmes de ventilation de 2 °C à la hausse. Une température d'abaissement prédéterminée pour le chauffage de nuit peut permettre d'économiser en énergie de 6 à 12 p. 100 pour les constructions lourdes et de 16 à 32 p. 100 pour les constructions plus légères. Une mise en marche et un arrêt optimisés peuvent retarder le moment de mise en marche et d'arrêt de une à deux heures par jour. Pour une période d'inoccupation d'un bâtiment de dix heures par jour, les économies peuvent atteindre de 3 à 6 p. 100 pour les constructions légères.

Tableau 1 – Comparaison des économies de régulation de ventilation pour différentes villes

Air extérieur minimum (%)	**Coût annuel de ventilation pour un système d'air de distribution de 30 000 pi³/m*** (9 $/GJ de gaz)			
	VANCOUVER	CALGARY	TORONTO	MONTRÉAL
50	7 200 $	12 400 $	9 700 $	10 500 $
25	3 600 $	6 200 $	4 800 $	5 200 $

*Pour une saison de chauffage normale de 3 950 heures d'utilisation.

Étude de cas

L'école publique Ayr, qui relève du conseil scolaire de district de la région de Waterloo, en Ontario, constitue un exemple d'école construite en fonction d'une stratégie de régulation à CND (voir tableau 2). L'immeuble de 3 850 m² a été construit en 1999 pour un coût total de 4 040 000 $. Le système de commande numérique direct compte pour 480 000 $ du coût total. La conception comprend dix unités de traitement d'air en toiture et 44 zones de régulation de chauffage-refroidissement.

Selon Craig Hynd, agent environnemental au conseil scolaire, « grâce aux régulateurs modernes, nous avons pu respecter nos critères de conception standard. Ainsi, nous pouvons veiller au confort des usagers et assurer le suivi administratif, tout en maintenant de bas coûts d'exploitation, ce qui n'était pas possible il y a quelques années. »

Tableau 2 – Comparaison de régulateurs à CND à l'école publique Ayr

	Systèmes d'eau chaude avec thermostats	**Système à volume variable en toiture avec CND par zone**
Coûts de la construction écologique et mécanique	830 000 $	480 000 $
Budget annuel de l'énergie	54 100 $	43 700 $
Climatisation	Non	Oui
Thermostat de confort de zone?	Limitée	Oui
CND par zone selon les besoins d'utilisation?	Non	Oui

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez vous adresser à :
Initiative des Innovateurs énergétiques, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada, 580, rue Booth, 18e étage, Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-6950 • **Téléc. :** (613) 947-4121 • **Site Web :** http://oee.rncan.gc.ca/iie

Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2002
N° de cat. M92-242/2002-3F ISBN 0-662-86655-X
(Also available in English)

Papier recyclé